

BEST AVAILABLE COPY

- PN - FR2772931 A 19990625
PD - 1999-06-25
PR - FR19970016497 19971224
OPD - 1997-12-24
TI - System for monitoring the placement of a seismic cable, from a ship, onto the sea bed.
AB - The seismic cable includes a number of acoustic transmitters spread along it each of which transmits an identifiable acoustic signal. The system includes a floating network having at least three acoustic receiver units (T,B,Q), with means for knowing the position of these units (T,B,Q) with respect to the ship (V). The system has also means for transmitting to a processing unit the time corresponding to receipt, by the receiver units (T,B,Q), of signals from the acoustic cable transmitters (P). The processing unit includes means for calculating, from these time and position values the position of the acoustic transmitters and therefore the trajectory of the cable as it is unrolled from the ship.
IN - BOUCQUAERT FRANCOIS; LECOQ FREDERIC
PA - GEOPHYSIQUE CIE GLE (FR)
EC - G01V1/38C
IC - G01V1/38
CT - US5497356 A [Y]; EP0308222 A [A]; EP0267840 A [A];
FR2620536 A [A]; XP000312715 A [Y]
CTNP - [Y] BELL B M ET AL: "NONLINEAR KALMAN FILTERING OF LONG-BASELINE, SHORT-BASELINE, GPS, AND DEPTH MEASUREMENTS"
PROCEEDINGS OF THE ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, PACIFIC GROVE, NOV.4 - 6, 1991, vol. 1, no.
CONF. 25, 4 novembre 1991, pages 131-136, XP000312715
CHEN R R
© WPI / DÉRWENT
TI - System for monitoring the placement of a seismic cable, from a ship, onto the sea bed.
PR - FR19970016497 19971224
PN - FR2772931 A1 19990625 DW199938 G01V1/38 012pp
PA - (GEOP-N) CIE GEN GEOPHYSIQUE
IC - G01V1/38

IN - BOUCQUAERT F; LECOQ F

AB - FR2772931 NOVELTY - The seismic cable includes a number of acoustic transmitters spread along it each of which transmits an identifiable acoustic signal. The system includes a floating network having at least three acoustic receiver units (T,B,Q), with means for knowing the position of these units (T,B,Q) with respect to the ship (V). The system has also means for transmitting to a processing unit the time corresponding to receipt, by the receiver units (T,B,Q), of signals from the acoustic cable transmitters (P). The processing unit includes means for calculating, from these time and position values the position of the acoustic transmitters and therefore the trajectory of the cable as it is unrolled from the ship.

- USE - For monitoring seismic cable laying on sea bed.
- ADVANTAGE - Enables the following in real time of seismic cable laying in deep water.
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a pictorial view of the cable laying operation

- receivers T,B,Q

- transmitters P

- ship V

- (Dwg.1/1)

OPD - 1997-12-24

AN - 1999-446623 [38]

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.12.97.

③0 Priorité :

⑦1 Demandeur(s) : CIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
— FR.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.06.99 Bulletin 99/25.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

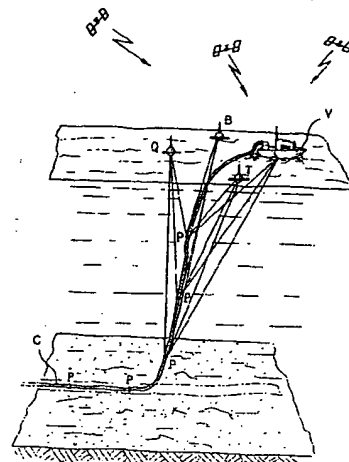
⑦2 Inventeur(s) : BOUCQUAERT FRANCOIS et LECOQ
FREDERIC.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

⑤4 SYSTÈME POUR LE SUIVI DE LA MISE EN PLACE D'UN CÂBLE SISMIQUE SUR UN FOND MARIN A PARTIR
D'UN BATEAU.

⑤7 Système pour le suivi de la mise en place d'un câble
sismique sur un fond marin à partir d'un bateau, comportant
une pluralité d'émetteurs acoustiques qui sont répartis sur le
câble et qui émettent chacun un signal acoustique identifia-
ble, caractérisé en ce qu'il comporte un réseau flottant d'au
moins trois unités de réception acoustique, des moyens
pour connaître la position desdites unités de réception par
rapport au bateau, ainsi que des moyens pour transmettre
à une unité de traitement des temps correspondant à la ré-
ception lesdites unités de réception des signaux acousti-
ques émis par les émetteurs portés par le câble, l'unité de
traitement comportant des moyens pour calculer, à partir de
ces temps et des positions desdites unités de réception, la
position desdits émetteurs et donc la trajectoire du câble au
fur et à mesure que celui-ci est déroulé à partir du bateau.



FR 2 772 931 - A1



La présente invention est relative aux techniques de mise en place de câbles sismiques sur les fonds marins.

Plus particulièrement, un but de l'invention est
5 de proposer une technique permettant de positionner des câbles sismiques en eaux profondes, par exemple avec une précision inférieure à 10 mètres sous 1000 mètres de profondeur.

On connaît déjà des dispositifs permettant de
10 connaître avec précision la position de câbles sismiques sur des fonds marins en eaux peu profondes, c'est à dire d'une profondeur de l'ordre de 100 m ou inférieure ("shallow water" selon la terminologie Anglo-saxonne généralement utilisée).

15 Notamment, il a déjà été proposé d'équiper les câbles sismiques de transpondeurs qui sont interrogés à partir d'un bateau source et qui émettent, lorsqu'ils sont interrogés un signal qui est reçu par des moyens de réception auxiliaires. Ces moyens de réception sont
20 déplacés à la surface de l'eau et des moyens de calcul déterminent, en temps différé, la position des transpondeurs et donc du câble, à partir du signal reçu par lesdits moyens de réception en trois positions différentes de ceux-ci.

25 Une telle technique ne peut être utilisée en eaux profondes. Notamment, pour des questions de coûts, il n'est alors pas envisageable de redéployer un câble lorsque l'on s'aperçoit qu'il n'est pas convenablement positionné.

30 L'invention propose quant à elle une technique qui permet le suivi en temps réel de la mise en place d'un câble sismique sur un fond marin en eau profonde.

La solution selon l'invention consiste en
35 l'utilisation d'un système pour le suivi de la mise en place d'un câble sismique sur un fond marin à partir d'un bateau, comportant une pluralité d'émetteurs acoustiques

qui sont répartis sur le câble et qui émettent chacun un signal acoustique identifiable, caractérisé en ce qu'il comporte un réseau flottant d'au moins trois unités de réception acoustique, le bateau étant avantageusement l'une de ces unités, des moyens pour connaître la position desdites unités de réception par rapport au bateau, ainsi que des moyens pour transmettre à une unité de traitement des temps correspondant à la réception par lesdites unités de réception, des signaux acoustiques émis par les émetteurs portés par le câble, l'unité de traitement comportant des moyens pour calculer, à partir de ces temps et des positions desdites unités de réception, la position desdits émetteurs et donc la trajectoire du câble au fur et à mesure que celui-ci est déroulé à partir du bateau.

Ce système est avantageusement complété par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- les émetteurs acoustiques sont des transpondeurs qui émettent un signal acoustique à réception d'un signal acoustique d'interrogation et la position desdits transpondeurs est déterminée en fonction des temps entre l'émission des signaux d'interrogation et la réception à la surface de l'eau des signaux de réponse des transpondeurs ;
- des moyens de transmission entre l'unité de traitement et les unités de réception comportent des moyens de communication hertzienne ;
- les moyens de transmission sont bidirectionnels et en ce que simultanément à la commande de l'émission d'un signal d'interrogation par l'unité de traitement, ladite unité transmet aux différentes unités de réception un signal de synchronisation qui déclenche des compteurs destinés à permettre la mesure des temps auxquels les différents signaux de réponse des transpondeurs sont reçus ;

- des moyens pour connaître la position desdites unités de réception par rapport au bateau comportent des moyens de localisation radiosatellitaire ;
- lesdits moyens de localisation radiosatellitaire mettent en oeuvre une localisation de type cinématique relative ;
- les unités de réception sont au nombre de quatre ou cinq ; il peut bien entendu être supérieur si l'on souhaite un taux de redondance plus important ;
- le système comporte des moyens pour modifier l'écartométrie entre les unités de réception, de façon à optimiser leurs positions relatives ;
- le câble comporte en outre des capteurs de pression disposés à proximité des émetteurs acoustiques et permettant une estimation de la profondeur à laquelle lesdits émetteurs se trouvent ;
- l'unité de traitement calcule en fonction de cette position une prédiction sur les points d'impact du câble sur le fond marin, ainsi que les corrections à apporter à la trajectoire du navire pour optimiser la descente du câble.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit. Cette description est purement illustrative et non limitative. Elle doit être mise en regard de la figure unique annexée sur laquelle on a représenté schématiquement un exemple de mise en oeuvre possible de l'invention.

Le système qui est illustré sur la figure comporte un bateau maître, référencé par V, à partir duquel un câble sismique C, initialement monté sur un cabestan, est déroulé pour être déployé sur le fond marin. La longueur du câble sismique C est par exemple de plusieurs kilomètres.

Ce câble sismique C comporte, outre des capteurs et/ou des sources d'émission sismique, une pluralité de

transpondeurs acoustiques P (appelés "pinger" selon la terminologie anglo-saxonne couramment employée par l'Homme du Métier) qui sont répartis sur toute sa longueur. La distance qui sépare deux transpondeurs P successifs dans la longueur du câble est par exemple de 300 m.

Ces transpondeurs P sont destinés à être interrogés par un signal acoustique d'une fréquence donnée émis par des moyens d'émission acoustique que porte le bateau maître V.

A la réception de ce signal d'interrogation, les transpondeurs émettent eux-mêmes un signal acoustique d'une autre fréquence, qui est destiné à être détecté par une pluralité d'unités de réception réparties à la surface de l'eau. Ces unités de réception sont au nombre d'au moins trois et sont de préférence au nombre de quatre ou cinq, ce qui permet de disposer d'informations redondantes et donc de mettre en oeuvre un traitement de contrôle sur les déterminations réalisées à partir de ces informations. Ces unités de réception sont par exemple portées l'une par le bateau maître V, les autres par des bouées ou des bateaux auxiliaires référencés par Q, B et T sur la figure.

Les unités de réception sur les bouées ou bateaux auxiliaires Q, B et T sont dites "passives" par opposition à celle montée sur le bateau maître r, qui est associée à des moyens d'émission.

A réception des signaux acoustiques, les unités portées par les bouées ou bateaux auxiliaires Q, B, T transmettent par voie hertzienne au bateau maître V les temps auxquels les signaux de réponse des différents transpondeurs P sont reçus.

Elles transmettent également au bateau maître V leurs données de positionnement de surface.

A cet effet, le bateau maître V, ainsi que les bouées ou bateaux auxiliaires Q, B et T présentent par

exemple des moyens de localisation GPS qui permettent de connaître leur position en temps réel.

La transmission entre les bouées ou bateaux auxiliaires Q, B, T et le bateau maître V se fait par exemple en mode TDMA.

Ces différentes informations (temps auxquels les réponses des différents transpondeurs P sont reçues par les unités de réception - coordonnées des bouées ou bateaux auxiliaires Q, B, T, ainsi que du bateau maître V) sont centralisées dans une unité de traitement qui calcule en temps réel, à partir de ces données, la position des transpondeurs P et donc celle du câble C au fur et à mesure qu'il se déroule avant de se mettre en place sur le sol marin.

On notera également que le câble C peut avantageusement comporter, à proximité immédiate des transpondeurs P, des capteurs de pression permettant de disposer en outre d'une estimation des profondeurs auxquelles se trouvent les transpondeurs P.

L'unité de traitement utilise cette information pour corroborer les positions calculées à partir des données transmises par les différentes unités de réception.

L'unité de traitement intègre un logiciel qui calcule en fonction de cette position les points d'impact théoriques du câble sur le fond marin, ainsi que les corrections à apporter à la trajectoire du navire pour optimiser la descente du câble C, de façon à minimiser l'écart entre la trace au sol prédite et la position optimale recherchée.

Comme on l'aura compris, le bateau maître V et les bouées ou bateaux auxiliaires Q, B et T et les moyens de détection GPS qu'ils portent constituent un réseau de surface très précis, par rapport auquel les transpondeurs sont positionnés.

Les techniques GPS utilisées mettent avantageusement en oeuvre des techniques de cinématique relative (KRGPS selon la terminologie utilisée par l'Homme du Métier), lesquelles techniques permettent de connaître avec une précision subdécimétrique la position relative de deux mobiles évoluant indépendamment à moins de 10 Km l'un de l'autre.

Bien entendu, d'autres systèmes de localisation satellitaire que le GPS pourraient être envisagés.

10 L'écartométrie entre les unités de réception est variable du fait du milieu marin. Avantageusement, le système comporte des moyens permettant de commander le déplacement des bouées et navires auxiliaires, de façon à modifier l'écartométrie et à optimiser le critère de
15 "précision a priori" recherchée sur l'objet immergé ("PDOP" selon la terminologie anglo-saxonne).

L'interrogation des transpondeurs P par les moyens d'émission acoustiques que portent le bateau maître V est commandée par l'unité de traitement, par
20 exemple toutes les deux secondes.

La liaison hertzienne entre le bateau maître V et les bouées ou navires auxiliaires B, T, Q est bidirectionnelle : simultanément à la commande de l'émission d'un signal d'interrogation par l'unité de
25 traitement, ladite unité transmet aux différentes unités de réception - par voie hertzienne pour celles qui sont portées par les bouées ou navires auxiliaires B, T, Q, ou par une liaison interne pour l'unité de réception qui est portée par le bateau maître - un signal de
30 synchronisation qui déclenche les compteurs destinés à permettre la mesure des temps auxquels les différents signaux de réponse des transpondeurs P sont reçus.

La synchronisation obtenue entre les unités de traitement et les unités de réception est d'une précision
35 inférieure à 150 μ s, ce qui induit un bruit de l'ordre

décimétrique sur une distance acoustique. Pour des mesures exigeant une précision ultime, on réduit ce bruit d'un facteur 10 en combinant le signal logique de la TDMA au signal 1PPS issu du capteur GPS.

- 5 La résolution sur les temps auxquels les différents signaux de réponse des transpondeurs P sont reçus est inférieure à 250 ns.

10 La détermination des positions des transpondeurs P est faite en prenant en compte, pour chacun d'eux, les lignes de positions issues des temps de propagation mesurés à chaque point du réseau. Par exemple, l'unité de traitement met en oeuvre des tests de convergence (technique des moindres carrés sur plusieurs acquisitions).

- 15 Avantageusement également, les déterminations des positions acoustiques sont faites au moyen d'un traitement différentiel par rapport à un trajet acoustique aller-retour entre un point (fixe ou mobile) en surface et un point fixe au fond de l'eau,
20 parfaitement topographié. Ceci permet, à chaque interrogation, de déduire la célérité instantanée du son - que l'on suppose localement (plus ou moins 1Km) et à court terme (plus ou moins 10 secondes) homogène - et sur le moyen terme de déduire le bruit lié aux variations de
25 la célérité.

Les transpondeurs P sont par exemple chargés et codés lors du passage de la portion de câble qui les porte devant une porte magnétique en sortie du cabestan.

- 30 La position en temps réel du câble est par exemple restituée de façon graphique en trois dimensions sur un écran de sortie, de façon à permettre à un opérateur de visualiser en temps réel la descente du câble par rapport au fond marin et à l'emplacement théorique souhaité pour celui-ci.

REVENDEICATIONS

1. Système pour le suivi de la mise en place
5 d'un câble sismique sur un fond marin à partir d'un
bateau, comportant une pluralité d'émetteurs acoustiques
qui sont répartis sur le câble et qui émettent chacun un
signal acoustique identifiable, caractérisé en ce qu'il
comporte un réseau flottant d'au moins trois unités de
10 réception acoustique, des moyens pour connaître la
position desdites unités de réception par rapport au
bateau, ainsi que des moyens pour transmettre à une unité
de traitement des temps correspondant à la réception par
lesdites unités de réception, des signaux acoustiques
15 émis par les émetteurs portés par le câble, l'unité de
traitement comportant des moyens pour calculer, à partir
de ces temps et des positions desdites unités de
réception, la position desdits émetteurs et donc la
trajectoire du câble au fur et à mesure que celui-ci est
20 déroulé à partir du bateau.

2. Système selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les émetteurs acoustiques sont des
transpondeurs qui émettent un signal acoustique à
réception d'un signal acoustique d'interrogation et en ce
25 que la position desdits transpondeurs est déterminée en
fonction des temps entre l'émission des signaux
d'interrogation et la réception à la surface de l'eau des
signaux de réponse des transpondeurs.

3. Système selon l'une des revendications
30 précédentes, caractérisé en ce que des moyens de
transmission entre l'unité de traitement et les unités de
réception comportent des moyens de communication
hertzienne.

4. Système selon la revendication 2,
35 caractérisé en ce que les moyens de transmission sont

bidirectionnels et en ce que simultanément à la commande de l'émission d'un signal d'interrogation par l'unité de traitement, ladite unité transmet aux différentes unités de réception un signal de synchronisation qui déclenche
5 des compteurs destinés à permettre la mesure des temps auxquels les différents signaux de réponse des transpondeurs sont reçus

5. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que des moyens pour
10 connaître la position desdites unités de réception par rapport au bateau comportent des moyens de localisation radiosatellitaire.

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdits moyens de localisation
15 radiosatellitaire mettent en oeuvre une localisation GPS de type cinématique relative.

7. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les unités de réception sont au nombre de quatre ou cinq.

20 8. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le câble comporte en outre des capteurs de pression disposés à proximité des émetteurs acoustiques et permettant une estimation de la profondeur à laquelle lesdits émetteurs se trouvent.

25 9. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité de traitement calcule en fonction de cette position une prédiction sur les points d'impact théoriques du câble sur le fond marin, ainsi que les corrections à apporter à la
30 trajectoire du navire pour optimiser la descente du câble.



FIG. 1

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheN d'enregistrement
nationalFA 551643
FR 9716497

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Categorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US 5 497 356 A (NORTON JR JOHN P ET AL) 5 mars 1996 * abrégé * * figure 2 * * colonne 1, ligne 38 - ligne 56 * * colonne 2, ligne 12 - ligne 14 * * colonne 2, ligne 28 - ligne 31 * * colonne 3, ligne 27 - ligne 54 * * revendications 1,2 *	1-6,8
Y	BELL B M ET AL: "NONLINEAR KALMAN FILTERING OF LONG-BASELINE, SHORT-BASELINE. GPS, AND DEPTH MEASUREMENTS" PROCEEDINGS OF THE ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, PACIFIC GROVE, NOV. 4 - 6, 1991, vol. 1, no. CONF. 25, 4 novembre 1991, pages 131-136, XP000312715 CHEN R R * abrégé * * sections 1-4, 8 *	1-6,8
A	EP 0 308 222 A (HORIZON EXPLORATION LTD) 22 mars 1989 * abrégé * * revendications 1,2,6-8 *	1
A	EP 0 267 840 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 18 mai 1988	
A	FR 2 620 536 A (GEOPHYSIQUE CIE GLE) 17 mars 1989	
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
7 octobre 1998		de Heering, Ph.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général G : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.